

УДК 001.89.004.12:663.41

DOI: 10.15587/2312-8372.2018.128895

ДОСЛІДЖЕННЯ СМАКОАРОМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПИВА З ДОДАВАННЯМ ХВОЙНОГО ЕКСТРАКТУ

Пенкіна Н. М., Татар Л. В.

Об'єктом дослідження є пиво світле, виготовлене за класичною рецептурою (контроль), та пиво «Смарагд», виготовлене за класичною рецептурою з додаванням хвойного екстракту. Одним з найбільш проблемних місць є те, що розширенням асортименту крафтового пива призводить до появи продукції з додаванням численних синтетичних компонентів та ароматизаторів. Дегустаційний шлях оцінки напою є досить суб'єктивним, оскільки не може в повній мірі охарактеризувати вплив якісного складу та кількісного вмісту компонентів використаної сировини. Тому важливо звернути увагу на визначення загальної кількості речовин, які утворюються в процесі бродіння пивного сусла та формують натуральний смак і аромат готового продукту.

Для проведення експериментальних досліджень в якості основної сировини використовували солод ячмінний світлий, гранули хмелю, пивні дріжджі низового бродіння. Додатковою сировиною обрано хвою сосни звичайної. У якості методів дослідження використовувався метод вискоефективної газової хроматографії та адаптований метод визначення числа аромату.

Визначено концентрацію смакоароматичних речовин: пиво контроль має 32 компоненти, «Смарагд» – 38, проведено їх розрахунки. Визначено, що до факторів, які визначають смак і аромат пива, відносять побічні продукти спиртового бродіння.

Для повної оцінки виваженості аромату розробленого пива було визначено загальний вміст речовин, що обумовлюють аромат напою. Встановлено, що пиво «Смарагд» має число аромату 2740 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ мл, контроль – 2170 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ мл. Це в повній мірі характеризує вплив на готовий продукт кількісного вмісту ароматоутворювальних речовин додаткової сировини.

1. Вступ

Пиво відноситься до напоїв масового попиту, є альтернативою споживання міцних алкогольних напоїв та орієнтоване на різні вікові групи, особливо молодь. Пивоварна галузь розширюється за рахунок впровадження нових технологій, сучасного обладнання, оригінальних рецептур та налічує більше 880 сортів. Наразі ситуацію на пивному ринку можна порівняти з промисловою революцією. За останні декілька років розвиток пивоваріння на світовому ринку пов'язаний з появою нового тренду – Craft beer [1].

В індустрії алкогольних напоїв широко використовуються харчові добавки. Тому основною причиною підвищеного інтересу до крафтового

пивоваріння є можливість запропонувати споживачеві нетрадиційні сорти пінного напою, які поєднують в собі всі переваги класичного пива з додаванням оригінальних компонентів. Натуральні інгредієнти поліпшують якість продукту, особливо їх органолептичні властивості.

Хміль є незамінна сировина в пивоварінні, оскільки надає пиву специфічний аромат та сприяє піностійкості, стійкості в процесі зберігання. Але даний компонент є і найдорожчим у виробництві пива. Крім того, дослідження науковців [2, 3] доводять, що при його надмірному вживанні є прояви негативного впливу хмелю на організм людини. Вчені розглядають заміну хмелю на рослинну сировину, яка надасть пиву певних функціональних властивостей [4]. Хімічний склад хвої сосни найбільш наближений до складу шишок хмелю (поліфенольні, гіркі та пектинові речовини, ефірні олії тощо) [5, 6]. Хвоя сосни є джерелом природних антиоксидантів, має високу харчову та біологічну цінність, отже може бути використана як альтернатива хмелю [7].

Поєднуючи різні типи солоду, сорти хмелю та інші інгредієнти, пивовари створюють унікальний продукт, зварений за особливою рецептурою та технологією. Використання інших добавок повинно бути направлено на покращення смаку чи отримання оригінальних смакових характеристик. Відповідно із розширенням асортименту галузі та збільшенням міні-пивоварень зростають вимоги до якості готової продукції, яка повинна відповідати високим стандартам. Отже, актуальним є пошук натуральної рослинної сировини, яка змогла б підвищити органолептичні властивості пива та надати йому функціональних властивостей.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єкт дослідження – пиво світле, виготовлене за класичною рецептурою, та пиво «Смарагд», виготовлене за класичною рецептурою з додаванням хвойного екстракту.

Для проведення експериментальних досліджень в якості основної сировини використовували солод ячмінний світлий, гранули хмелю, пивні дріжджі низового бродіння. При виборі додаткового компонента для виробництва пива брали до уваги високі антиоксидантні властивості хвої сосни звичайної [7].

Пиво «Смарагд» готували за класичною технологією з додаванням водного екстракту хвої сосни звичайної (*Pinus sylvestris*) на стадії головного бродіння. Детально з технологією отримання хвойного екстракту, дослідженнями показників його якості та розробленого пива «Смарагд» можна ознайомитись в роботах [7, 8].

Використання хвойного екстракту формує оригінальні органолептичні показники якості напою. Смак і аромат пива насамперед визначається леткими побічними продуктами бродіння, які є основою у формуванні сенсорного профілю пива.

Одним з найбільш проблемних місць є те, що розширенням асортименту крафтового пива призводить до появи продукції з додаванням численних синтетичних компонентів та ароматизаторів. Дегустаційний шлях оцінки напою

є досить суб'єктивним, оскільки не може в повній мірі охарактеризувати вплив якісного складу та кількісного вмісту компонентів використаної сировини. Тому важливо звернути увагу на визначення загальної кількості речовин, які утворюються в процесі бродіння пивного сусла та формують натуральний смак і аромат готового продукту.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є покращення органолептичних показників пива за рахунок додавання додаткової рослинної сировини.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Дослідити компонентний склад летких смакоароматичних речовин дослідних зразків пива.
2. Визначити загальну кількість речовин (число аромату), що обумовлюють аромат пива.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Широке розповсюдження у виробництві крафтового пива отримало застосування різноманітного спектру інгредієнтів. В якості смакової добавки міні-пивоварні використовують лікарську та пряно-ароматичну рослинну сировину, що дозволяє отримати оригінальні смакові та ароматичні характеристики напою. Разом з тим стрімко зростає розвиток нових видів алкогольної продукції. Широкого поширення отримують напої, в основі яких лежать численні синтетичні компоненти та ароматизатори. Тому важливо звернути увагу на визначення загальної кількості речовин, які утворюються в процесі бродіння пивного сусла та формують натуральний смак і аромат готового продукту.

Дослідження вчених свідчать, що часткова заміна хмелю дає можливість зменшити його негативний вплив на організм людини та розширити асортимент пивної галузі за рахунок створення нових сортів крафтового пива. Так, у роботі [9] розроблено спосіб виробництва оздоровчого рисового пива, до рецептури якого введено екстракти: хвойний, женьшеню та кореню дикого ланцетника. При цьому напій має оригінальний смак і аромат.

У роботі [10] запропоновано виробництво пива з додаванням соснової добавки, частка якої складає 0,8 % пивного сусла. Добавку, приготовану з порошку кори, шишок та хвої сосни вводять на стадії кип'ятіння з хмелем. Це дозволяє поліпшити смакові властивості пива та підвищити біологічну цінність й лікувальні властивості готового напою.

До факторів, які визначають смак і аромат пива відносять побічні продукти спиртового бродіння. Дегустаційний шлях оцінки напою є досить суб'єктивним, оскільки не може в повній мірі охарактеризувати вплив якісного складу та кількісного вмісту компонентів використаної сировини. Споживач може оцінити смак напою, якщо фактична концентрація смакоароматичних речовин перевищує концентрації порогу їх смакового розпізнавання [11].

Проведено дослідження [12] більш стійкого напою з чітким смаком хмелю крафтового пива без хмелю з використанням м'яти та базилика, що дозволяє знизити залежність пивної галузі від дорогого хмелю.

Протягом останніх років в індустрії світового пивоваріння успішно користуються розробленою Європейською Пивоварною Конвенцією (ЕВС) за сприяння Американського товариства хіміків пивоваріння (ASBC) системою термінів і стандартним описом найважливіших смаків і ароматів пива, прийнятих і зрозумілих на міжнародному рівні [13].

Міжнародній спільноті пивоварів науковці пропонують узагальнені показники: «біологічна цінність», «сумарна доза смаку» і «сумарна доза токсичності», спрямовані на гармонізацію з міжнародними нормами нутріціології і виводять систему контролю якості та безпеки пива на сучасний методологічний рівень. Нові підходи до оцінки органолептичних та токсикологічних характеристик основних продуктів бродіння пива дають можливість виявити речовини, які формують еталон допустимої токсичності та смакоароматичний букет напою [14].

Кількісний аналіз ароматичних спиртів пива був розроблений з використанням газової хроматографії [15]. Новий і прямий метод спостереження за старінням пива показав можливість диференціювати його види на екологічно чисті на неекологічні [16].

У роботі [17] за допомогою твердофазної мікроекстракції на основі вільного простору, пов'язаної з газовою хроматографією-мас-спектрометрією проаналізовано та кількісні відмінності леткого профілю пива.

Для повної оцінки вираженості аромату розробленого пива було доцільно визначити загальний вміст речовин, що обумовлюють аромат напою. Це дасть можливість у повній мірі охарактеризувати вплив на готовий продукт кількісного вмісту ароматоутворювальних речовин використаної сировини [18].

Таким чином, результати аналізу дозволяють зробити висновок про те, що перспективним є комплексна оцінка смакоароматичних речовин, які формують органолептичні показники напою.

5. Методи досліджень

Ідентифікацію смакоароматичних речовин визначали стандартним методом газової хроматографії на газовому хроматографі Agilent 7890A GC System (виробник Agilent Technology, США). Дотримувалися відповідного температурного режиму хроматографа. З моменту інжекції аналізованої сировини у випарник хроматографа в термостаті колонки дотримувалися початкової температури 15 °C, яку поступово підвищували до 220 °C зі швидкістю 35 °C/хв. Об'єм проби – (1,0±0,1) мкл, час експерименту 16–22 хв.

Число аромату пива визначали за загальною методикою проведення фізико-хімічних досліджень та адаптували методику визначення числа аромату, наведену у ГОСТ 8756.7-70.

Метод заснований на здатності хромової суміші окисляти ефірні масла. За кількістю витраченого біхромату калію встановлювали вміст ароматичних речовин у досліджуваному продукті.

Збирали установку (рис. 1), яка складається з колби 1, воронки 2, кран 3 якої закривають, і зворотного холодильника 4. Перегінну колбу з вмістом дистильованої води та наважки пива нагрівали і відганяли ефірні масла в воронку, заповнену хромовою сумішшю. Отриманий дистилат гріли зі зворотним холодильником на водяній бані при температурі 95 °С протягом 1 год. Після охолодження вносили розчин калію йодиду і титрували розчином тіосульфату натрію.



Рис. 1. Схема установки для визначення числа аромату пива: 1 – перегінна колба; 2 – воронка; 3 – кран; 4 – зворотний холодильник

Паралельно проводили за таких же умов контрольне титрування 5 мл вихідної хромової суміші, замінюючи дистилат з ефірною олією дистильованою водою. Вміст ароматичних речовин виражали умовно в мл тіосульфату натрію на 100 мл продукту (мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ мл).

Вміст ароматичних речовин (X) розраховували за формулою:

$$X = \frac{(2 \cdot V_o - V) \cdot K \cdot 100}{G},$$

де V – кількість 0,1 М розчину тіосульфату натрію, що витрачено на титрування випробуваного розчину, мл;

V_o – кількість 0,1 М розчину тіосульфату натрію, що витрачено на контрольне титрування 5 мл хромової суміші, мл;

K – поправочний коефіцієнт на 0,1 М розчин тіосульфату натрію;

G – кількість випробуваного продукту в мл.

6. Результати досліджень

Результатом складних біохімічних процесів, що відбуваються при бродінні і доброджуванні пива, є отримання продукту з визначеним складом, смаком і ароматом.

Першим етапом роботи було дослідження компонентного складу смакоароматичних речовин пива. Визначення вмісту сполук у зразках проводили методом високоефективної газової хроматографії, який дозволяє визначати концентрації смакоароматичних речовин, дає можливість проводити їх розрахунки. Хроматограми компонентного складу смакоароматичних речовин проб дослідних зразків подано на рис. 2–5.

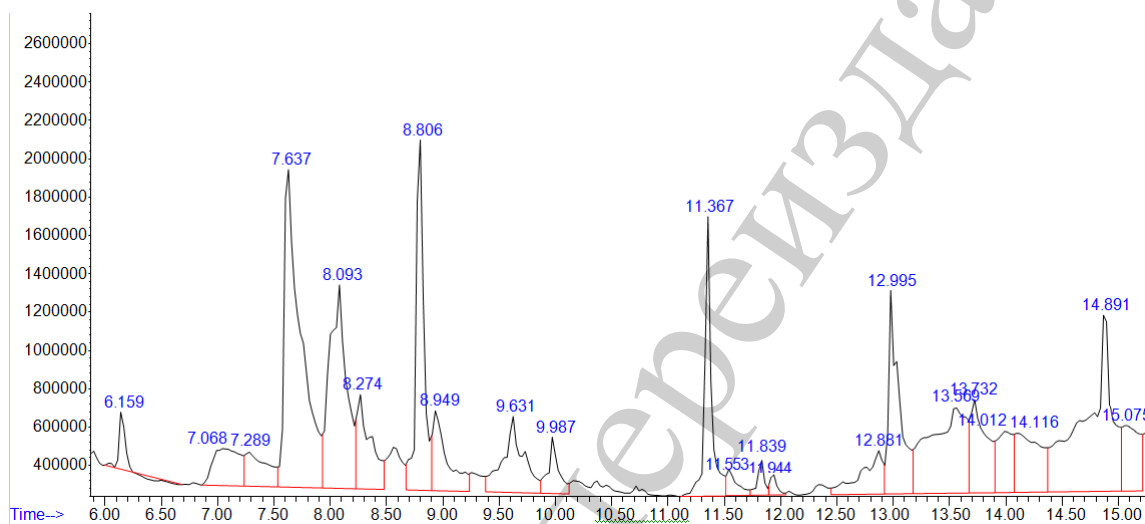


Рис. 2. Хроматограма компонентного складу летких смакоароматичних речовин проби пива контроль (15 хв)

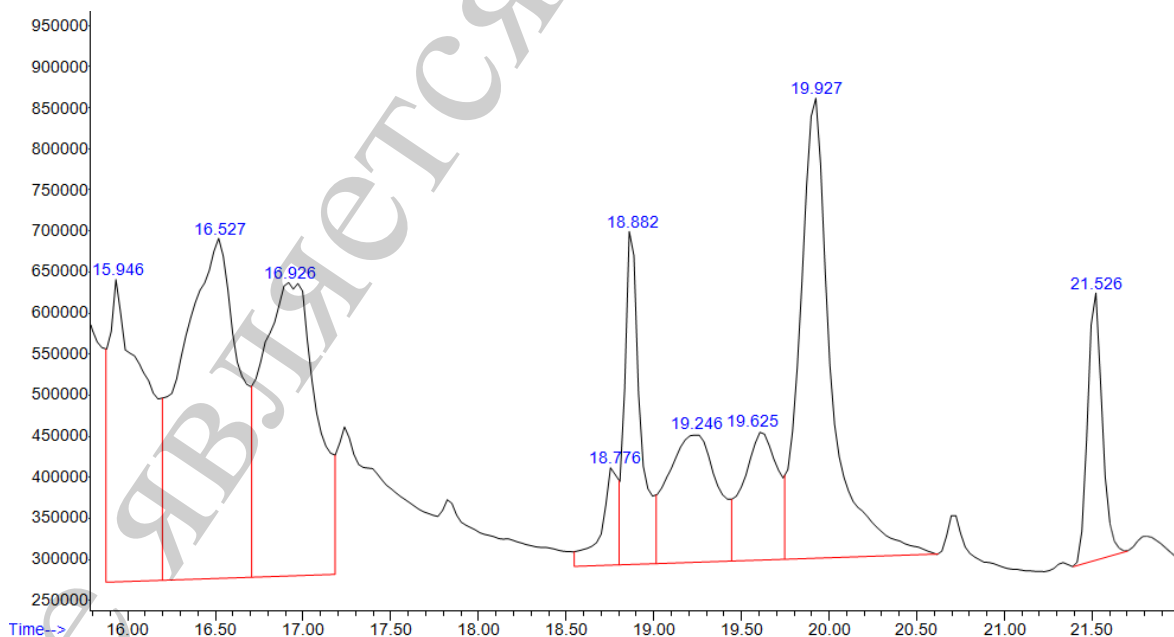


Рис. 3. Хроматограма компонентного складу летких смакоароматичних речовин проби пива контроль (16–22 хв)

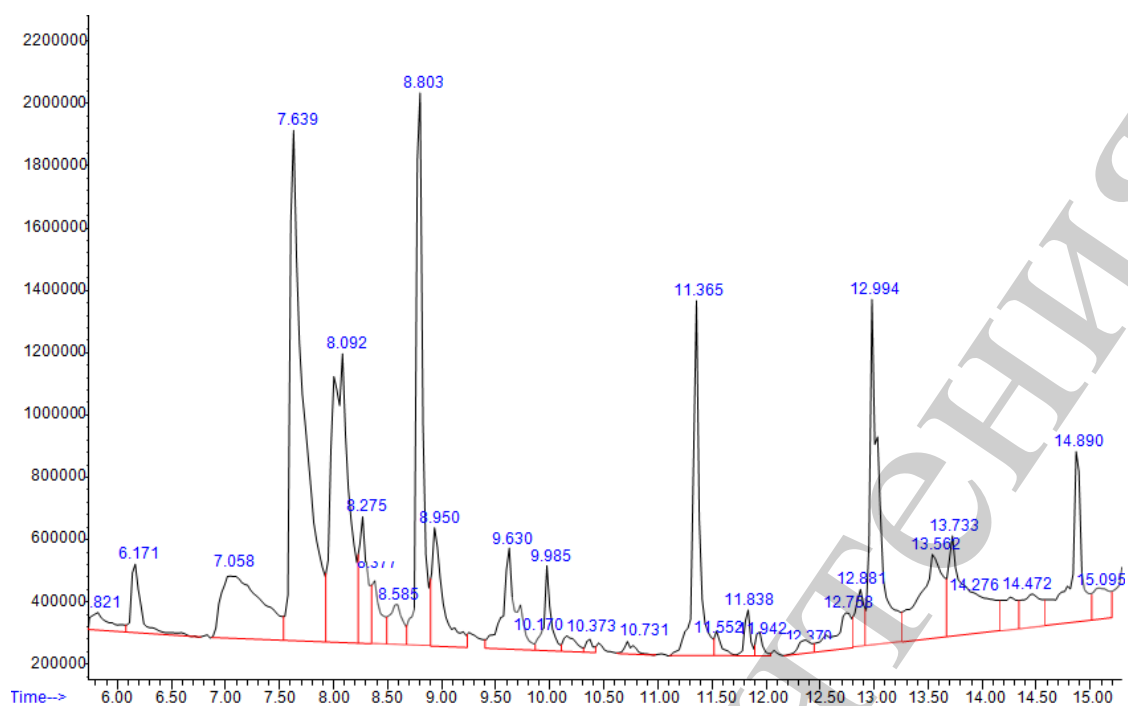


Рис. 4. Хроматограма компонентного складу смакоароматичних речовин проби пива «Смарагд» (15 хв)

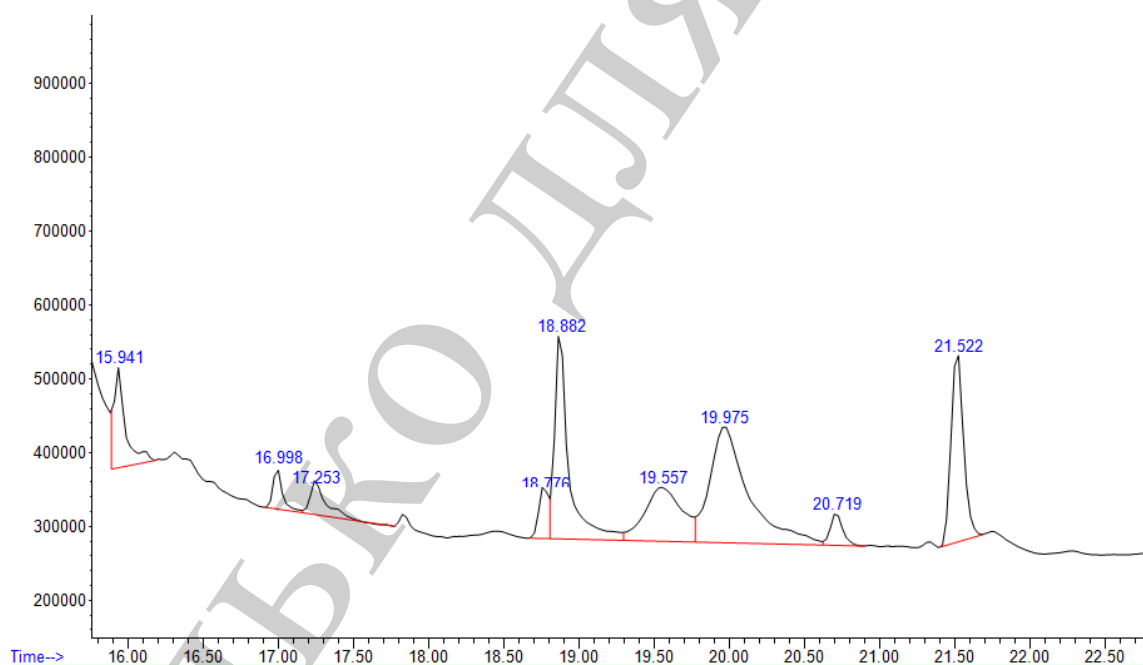


Рис. 5. Хроматограма компонентного складу смакоароматичних речовин проби пива «Смарагд» (16–22 хв)

Пиво (контроль) має у своєму складі (рис. 2, 3):

- етиловий ефір (пік 19.927);
- оцтову кислоту (пік 7.637);
- метиловий ефір (пік 8.093);
- гептиловий спирт (пік 16.527);

- альдегід 2-бутираль (пік 8.806);
- бутенова кислота (пік 18.882);
- альдегід пентаналь (пік 12.995);
- метиловий ефір етан (пік 13.732).

Всього у пиві контроль виявлено 32 смакоароматичних компоненти, розрахунок яких наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Розрахунок хроматограм проби пива (контроль)

Час, хв	Компонент	Висота піку	Площа піку	Вміст, %	Вміст, мг/л
6.159	Валеріановий альдегід	288102	10061568	0.580	0.000354981
7.068	Ізопропіламін	193241	31365285	2.42	0.001487208
7.289	Окис етилену	174444	24385099	1.88	0.001156237
7.637	Оцтова кислота	1631582	169286179	13.05	0.008026826
8.093	Метиловий ефір	1005700	111260410	8.58	0.005275492
8.274	2-Рентанол	475055	42677949	3.29	0.002023606
8.806	2-Бутираль	1767543	89086437	1.59	0.004224098
8.949	2-Бутанол	402231	38298042	6.87	0.004224098
9.631	Пропан	371701	48600937	2.95	0.001815929
9.987	Гептаналь	275163	18522492	3.75	0.002304448
11.367	Гама-аміномасляна кислота	1239120	59792024	1.43	0.000878257
11.553	Метил-1-бутанол	133753	9544649	4.61	0.002835981
11.839	Біоксиран	172889	7842527	0.75	0.0004538
11.944	Фурандіол	105049	4906952	0.61	0.000373155
12.881	Аміловий спирт	219412	28368611	0.38	0.000234122
12.995	Пентаналь	989689	68680500	0.11	0.000703531
13.569	2-Пентаналь	444573	98342441	3.27	0.002013435
13.732	Метиловий ефір етан	46133	48547951	3.86	0.002375153
14.012	Етан	318429	30574263	2.13	0.001312468
14.116	Епоксибутан	307817	48276485	1.2	0.000740219
14.891	Вінілацетат	914407	149194903	1.81	0.001111286
15.075	Диметиламін	341919	36401758	7.69	0.004727687
15.385	Ацетамід	7468259	521830131	1.81	0.001115536
15.946	2,3-Дигідроксипропаналь	354305	53514637	2.81	0.001728717
16.527	Гептиловий спирт	410718	93369275	5.40	0.003318789
16.926	Метилацетат	355823	77848006	4.62	0.002843052
18.776	Оцтовий альдегід	118021	7249688	0.36	0.000223375
18.882	Бутенова кислота	401769	25448034	1.82	0.001118983
19.246	2,3,6,7-Тетраметил-9,10-4-метилфенілсульфоніл	154803	30647641	2.13	0.00130808
19.625	2,3,6,7-Тетраметил-10-4-метилфенілсульфоніл	154568	21186817	1.51	0.00092958
19.927	Етиловий ефір	552215	70859227	5.31	0.00326724
21.526	1,2,3,4-Бутатентрол	315649	18782298	1.45	0.000890576

Згідно рис. 4, 5 до складу пива «Смарагд» входять:

- бутенова кислота (висота піку 18.882);
- оцтова кислота (пік 7.639);
- ізопентанол (пік 11.365);
- пентаналь (пік 12.994);
- діетиламін (пік 14.890);
- метиловий ефір (пік 8.092);
- етиловий ефір (пік 20.719);
- спирт бутатентрол (пік 21.552).

Додатково виявлено речовини:

- циклобутиловий спирт (пік 5.821);
- метилбутан (пік 10.170);
- метилгідросульфат (пік 10.373);
- бутанову кислоту (пік 10.731).

Всього ідентифіковано у пиві «Смарагд» 38 смакоароматичних компоненти, розрахунок яких наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок хроматограм проби пива «Смарагд»

Час, хв	Компонент	Висота піку	Площа піку	Вміст, %	Вміст, мг/дм ³
5.821	Циклобутиловий спирт	54884	6814108	0.74	0.000323096
6.171	Валеріановий альдегід	214824	14337738	1.55	0.000679834
7.058	Окис етилену	199554	52754440	5.71	0.00250139
7.639	Оцтова кислота	1586526	148342671	16.04	0.007033775
8.092	Метиловий ефір	882420	102301729	11.06	0.00485071
8.275	2-Пентанол	390467	21227211	2.30	0.001006503
8.377	Пропанамід	199374	11313915	1.22	0.000536457
8.585	2-Бутанол, 3-метил	129069	10931127	1.18	0.000518307
8.803	2-Бутаналь	1746572	76761667	8.30	0.00363971
8.950	Пропан	363668	28439044	3.08	0.001348458
9.630	Гептаналь	304497	28189702	3.05	0.001336635
9.985	Гама-аміномасляна кислота	247371	11704147	1.27	0.000554961
10.170	Метилбутан	48420	4192348	0.45	0.000198783
10.373	Метилгідросульфат	41656	1821650	0.20	8.63748E-05
10.731	Бутанова кислота	35698	2463443	0.27	0.000116806
11.365	Ізопентанол	972338	47890585	5.18	0.002270767
11.552	Біоксиран	74498	3697617	0.40	0.000175325
11.838	Фурандіол	139190	5280111	0.57	0.00025036
11.942	Аміловий спирт	75341	3313474	0.36	0.000157111
12.370	Ацетоїн	41489	3314469	0.36	0.000157158
12.758	1,5-Диетиробіопентан	113691	12393263	1.34	0.000587635
12.881	Аденозин	177938	9605098	1.04	0.000455433
12.994	Пентаналь	1024621	66392776	7.18	0.003148061
13.562	2-Гептанол, 6-метил	260814	40158796	4.34	0.001904158
13.733	Етан	297792	45393626	4.91	0.002152371
14.276	Етанол	101593	10277444	1.11	0.000487312
14.472	Вінілацетат	104349	13482097	1.46	0.000639263

14.890	Діетиламін	521704	38823770	4.20	0.001840857
15.095	Ацетоїд	96344	10036624	1.09	0.000475894
15.941	Пропаналь	123257	7742370	0.84	0.00036711
16.998	2-Гептаналь	50411	2402751	0.26	0.000113928
17.253	Метилацетат	42900	3377856	0.37	0.000160163
18.776	Оцтовий альдегід	69169	2744418	0.30	0.000130129
18.882	Бутенова кислота	270408	18486706	2.00	0.00087656
19.557	2,3,6,7-Тетраметил-9,10-4-метилфенілсульфоніл	72832	12436876	1.35	0.000589703
19.975	2,3,6,7-Тетраметил-10-4-метилфенілсульфоніл	156957	28539921	3.09	0.001353241
20.719	Етиловий ефір	42065	2542084	0.28	0.000120535
21.522	Бутатентрол	249772	14722821	1.59	0.000698093

У складі зразків пива є вищі спирти, ефіри, альдегіди, органічні кислоти і т. ін., які утворюються при ферментативному розпаді вуглеводів сусле та формують аромат і смак пива. Органічні кислоти знаходяться у пиві в якості солей. Головна їх функція – пригнічувати розмноження і дію багатьох шкідливих мікроорганізмів.

Визначено, що до факторів, які визначають смак і аромат пива відносять побічні продукти спиртового бродіння. Аналіз проведених досліджень свідчить, що вміст смакоароматичних речовин у розробленому напої більше, ніж у контролі.

Наступним етапом було визначення кількісного вмісту ароматоутворювальних речовин використаної сировини в готовому продукті. Визначення числа аромату проводили методом, який заснований на здатності хромової суміші окисляти ефірні масла. За кількістю витраченого біхромату калію встановлювали вміст ароматичних речовин в досліджуваному напої. Результати досліджень числа аромату наведено в табл. 3.

За результатами дослідження встановлено, що пиво «Смарагд» має число аромату 2740 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ /100 мл, пиво контроль – 2170 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ /100 мл. Таким чином, розроблений зразок має більшу кількість речовин, що обумовлюють аромат напою за рахунок додавання хвойного екстракту.

Таблиця 3

Результати визначення числа аромату в дослідних зразках пива ($n=5$, $P \geq 0,95$)

Назва пива	Кількість 0,1 М розчину $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, який витрачено на титрування 5 мл хромової суміші, мл	Число аромату (мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ /100 мл)
Пиво контроль	9,4	2170
Пиво «Смарагд»	15,1	2740

Проведені дослідження пива «Смарагд» свідчать, що додавання хвойного екстракту позитивно впливає на смак і аромат пива. Це дає можливість отримати новий продукт з оригінальними органолептичними властивостями, що є привабливим для сучасного споживача.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. До сильних сторін розробленого продукту слід віднести:

- натуральні компоненти та поліпшені органолептичні показники;
- високі антиоксидантні властивості;
- зменшення негативного впливу хмелю та алкоголю на організм людини;
- цікавість споживача до нового продукту;
- зменшення ціни на розроблений продукт у порівнянні з товаром-аналогом за рахунок часткової заміни хмелю.

Weaknesses. До слабких сторін розробленого продукту слід віднести:

- додаткові затрати на приготування екстракту;
- слабку поінформованість споживачів про новий продукт.

Opportunities. Додаткові можливості, що забезпечують досягнення цілей дослідження, знаходяться в великому потенціалі даної сировини, яка має високі антиоксидантні властивості. Також хвойний екстракт може бути використаний у виробництві іншої алкогольної продукції.

Threats. До загроз при виході нового продукту на споживчий ринок слід віднести:

- можливість появи нових товарів-аналогів;
- зростаючий конкурентний тиск, внаслідок появи нових конкурентів;
- зниження купівельної спроможності населення.

На основі SWOT-аналізу запропоновано наступні стратегічні рішення:

- вихід на нові ринки;
- активна роль маркетингу.

При проведенні маркетингових заходів необхідно зробити акцент на споживні властивості продукту, його харчову цінність, високі органолептичні та антиоксидантні властивості, зменшення негативного впливу алкоголю на організм людини.

8. Висновки

1. Досліджено компонентний склад летких смакоароматичних речовин пива методом газової хроматографії та наочно представлено отримані дані за допомогою графічних та табличних методів. Визначено, що пиво контроль має 32 смакоароматичних компоненти, пиво «Смарагд» – 38, проведено їх розрахунки.

2. Визначено загальну кількість речовин, що обумовлюють аромат пива. Число аромату пива «Смарагд» складає 2740 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ мл, пиво контроль – 2170 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/100$ мл. Адаптована методика числа аромату може бути використана при визначенні оцінки якості алкогольних напоїв.

На основі проведених досліджень встановлено, що одним із способів покращення органолептичних показників пива є додавання додаткової рослинної сировини, при цьому утворюються побічні продукти бродіння, які формують смак і аромат пива.

References

1. Donadini G., Porretta S. Uncovering patterns of consumers' interest for beer: A case study with craft beers // *Food Research International*. 2017. Vol. 91. P. 183–198. doi:[10.1016/j.foodres.2016.11.043](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.043)
2. Milligan S. R. Reproductive and Estrogenic Effects of 8-Prenylnaringenin in Hops // *Beer in Health and Disease Prevention*. London: Academic press, 2009. P. 711–723. doi:[10.1016/b978-0-12-373891-2.00072-9](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-373891-2.00072-9)
3. Activation of Proestrogens from Hops (*Humulus lupulus* L.) by Intestinal Microbiota; Conversion of Isoxanthohumol into 8-Prenylnaringenin / Possemiers S. et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005. Vol. 53, No. 16. P. 6281–6288. doi:[10.1021/jf0509714](https://doi.org/10.1021/jf0509714)
4. Kolobenina A. A., Danina M. M. Ispol'zovanie fitosyr'ya v pivovarenii // *Sbornik tezisov dokladov V Vserossiyskogo kongressa molodykh uchenykh*. Saint Petersburg: Universitet ITMO, 2016. URL: http://kmu.ifmo.ru/collections_article/3620/ispolzovanie_fitosyrya_v_pivovarenii.htm
5. Penkina N. M., Tatar L. V. Shyshky khmeliu ta lystia khvoynykh porid derev u vyrobnytstvi slaboalkoholnykh napoiv: proceedings // *Cutting-edge science – 2015*. Sheffield, 2015. Vol. 24. P. 72–75.
6. Bibik I. V., Guzhel Yu. A Obosnovanie i razrabotka tekhnologii napitka na osnove pivnogo susla s dobavleniem khvoynogo ekstrakta // *Tekhnika i tekhnologiya pishhevykh proizvodstv*. 2013. Vol. 1. P. 3–7.
7. Research into quality of beer with the addition of pine needles extract / Penkina N. et al. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 2, No. 10 (86). P. 40–48. doi:[10.15587/1729-4061.2017.98180](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98180)
8. The Study Of Beer Quality With The Reduced Toxic Effect / Penkina N. et al. // *EUREKA: Life Sciences*. 2017. Vol. 1. P. 35–43. doi:[10.21303/2504-5695.2017.00303](https://doi.org/10.21303/2504-5695.2017.00303)
9. Manufacturing method of health enhancing beer: Patent No. KR20030020339A Korea, Classification C12C12/00 / Duk K. K., Gi J. K. Appl. No. 10-2003-0007254. Filed: 05.02.2003. Published 08.03.2003. 6 p. URL: <https://patents.google.com/patent/KR20030020339A>
10. Pine-juice beer and its brewing method: Patent No. CN101024802B China, Classification C12C11/00, C12C5/00 / Xiaomei W., Shengyuan Y. Appl. No. 2006109715. Filed: 17.02.2006. Published 29.08.2007. 9 p. URL: <https://patents.google.com/patent/CN101024802B/en>
11. Khivrich B. I., Rozdobutko B. V. Spektr veshhestv formiruyushhikh vkus i aromat piva (Chast 1) // *Napitki. Tekhnologii i innovatsii*. 2012. Vol. 9. P. 59–61.
12. Get that craft beer taste without the hops // *New Scientist*. 2018. Vol. 237, No. 3170. P. 19. doi:[10.1016/s0262-4079\(18\)30516-5](https://doi.org/10.1016/s0262-4079(18)30516-5)
13. Beer. A Quality perspective: handbook / ed. by Bamforth C., Russell I., Stewart G. Academic Press, 2008. 304 p.
14. Tretyak L. N. Otsenka vkusoaromaticeskikh i toksikologicheskikh kharakteristik piva i pivnykh napitkov // *Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki*. 2014. Vol. 2. P. 180–183.

15. Quantitative Analysis of Beer Aromatic Alcohols Using Stable Isotope Dilution Assay / Dufour J.-P. et al. // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2002. Vol. 60, No. 2. P. 88–96. doi:[10.1094/asbcj-60-0088](https://doi.org/10.1094/asbcj-60-0088)
16. Onate-jaen A., Bellido-milla D., Hernandez-artiga M. P. Spectrophotometric methods to differentiate beers and evaluate beer ageing // Food Chemistry. 2006. Vol. 97, No. 2. P. 361–369. doi:[10.1016/j.foodchem.2005.05.010](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.010)
17. Assessment of the aroma profiles of low-alcohol beers using HS-SPME–GC-MS / Riu-Aumatell M. et al. // Food Research International. 2014. Vol. 57. P. 196–202. doi:[10.1016/j.foodres.2014.01.016](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.016)
18. Bilko M. V., Anikina N. S., Gerzhikova V. G. Issledovanie sortovogo aromata stolovykh materialov // Vinodelie i vinogradarstvo. 2002. Vol. 3. P. 36–37.